

# NGHIÊN CỨU TẬN THU NĂNG LƯỢNG DO SỰ DỊCH CHUYỂN CỦA ĐÁ VÁCH THÔNG QUA GIÀN CHỐNG THỦY LỰC TRONG Lò CHỢ

*TS. Nguyễn Khắc Linh – Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

**Tóm tắt:** Trong chu kỳ làm việc của lò chợ, dưới áp lực mỏ, xà nóc của giàn chống hạ thấp theo thời gian. Khi đó, dung dịch nhũ tương áp suất cao trong cột sẽ được tháo ra một phần chảy về đường dầu hồi qua van an toàn làm giảm tải cho thiết bị chống. Mỗi chu kỳ làm việc, cột chống bị co ngắn trung bình khoảng 40÷80 mm, tương ứng với lượng dung dịch nhũ tương đẩy ra ngoài. Với việc sử dụng 80÷150 giàn chống cho một lò chợ thì lượng dung dịch này không phải là con số nhỏ. Chúng được xả trực tiếp vào đường dầu hồi gây lãng phí năng lượng. Nghiên cứu này đưa ra giải pháp tận dụng hiệu quả của áp suất cao từ cột chống khi giàn chống làm việc trong lò chợ mà vẫn đảm bảo an toàn cho người lao động và các thiết bị, linh kiện của hệ thống.

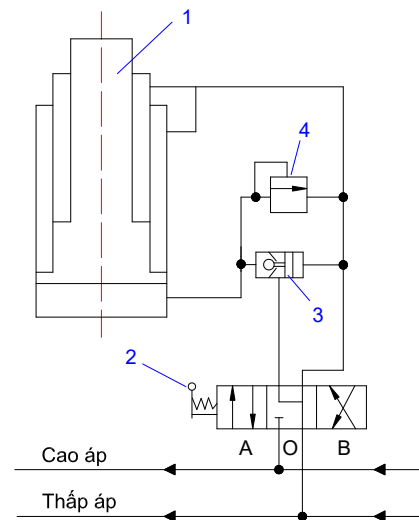
## 1 Đặt vấn đề

Trong tương lai, nguồn năng lượng ngày một cạn kiệt, đi kèm với tiêu thụ năng lượng là gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy, việc nghiên cứu giải pháp để tiết kiệm năm lượng mà vẫn đảm bảo an toàn trong quá trình khai thác là hướng đi đúng đắn, bền vững và hợp lý của ngành than. Xu hướng khai thác hiện nay và cả trong tương lai đa phần áp dụng công nghệ khai thác than hầm lò [1-3]. Quá trình khai thác cơ bản gồm chống giữ, khấu than và vận tải, trong đó chống đỡ lò nhằm đảm bảo không gian làm việc an toàn cho người và thiết bị. Theo tiến độ tiến gương lò chợ, diện lộ trần sẽ được chống giữ kịp thời theo chu kỳ khấu và phải đảm bảo hai nhiệm vụ chính:

- Chống giữ và điều khiển áp lực đá vách;
- Phục vụ phá hòa và che chắn đất đá phá hòa không rơi vào khu vực làm việc.

Đây là công việc rất vất vả, chiếm số lượng lao động lớn (tới 60% khối lượng công việc nếu sử dụng cột chống đơn). Việc chống đỡ lò có thể thực hiện bằng cách sử dụng cột chống kết hợp với các xà nóc bằng kim loại, giá đỡ như giá chống và giàn chống thủy lực tự di chuyển. Trên thế giới và ở các mỏ than hầm lò Việt Nam đang dần tiến tới áp dụng giàn chống cơ giới hóa tự di chuyển.

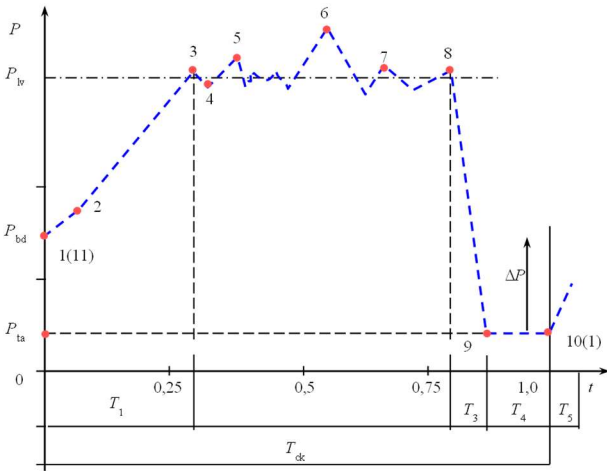
Dưới hoạt động của đá vách, giàn chống thủy lực cơ giới hóa có cơ chế làm việc như sau [3-5]:



*Hình 1. Sơ đồ thủy lực của cột chống [2, 3]*

Chất lỏng cao áp được cung cấp từ trạm bơm đến các các thiết bị tiêu thụ nhờ các ống dẫn và được điều khiển bằng van thủy lực 2. Để tạo lực chống ban đầu, gạt tay điều khiển của van sang vị trí A. Chất lỏng thủy lực đi qua van một chiều 3 và đi vào khoang dưới của cột chống 1 nâng xà nóc của giàn chống áp vào đá vách tạo lực chống ban đầu. Khi áp suất chống đạt giá trị  $P_{bd}$  (áp suất chống ban đầu), gạt van về vị trí cũ (vị trí O). Sau thời gian chống  $T_1$ , dưới sự sụp đổ của đá vách, áp suất trong cột tăng dần đến điểm  $P_3$ . Lúc này, áp suất trong cột đã vượt ngưỡng cho phép của van an toàn và bắt đầu xả bớt chất lỏng về đường thấp áp, làm cho áp suất trong cột giảm xuống đến  $P_4$ . Chu kỳ này diễn ra liên tục đến hết thời gian làm việc  $T_2$ . Sau đó, gạt van 4/3 sang vị trí

B để hạ cột, tiến hành di giá với thời gian xả là  $T_3$ . Tiếp theo, di chuyển giá về phía gương lò, kết thúc chu kỳ làm việc của giá.



Hình 2. Chu kỳ làm việc của cột chống thủy lực trong lò chợ [2, 3]

$T$  – thời gian hoàn thành một chu kỳ chống;  
 $T_1$  – thời gian áp lực chống ban đầu tăng đến giá trị làm việc của van an toàn;  $T_2$  – thời gian van an toàn làm việc;  $T_3$  – thời gian thu cột chống;  $T_4$  – thời gian di chuyển giá;  $T_5$  – thời gian tạo lực chống ban đầu

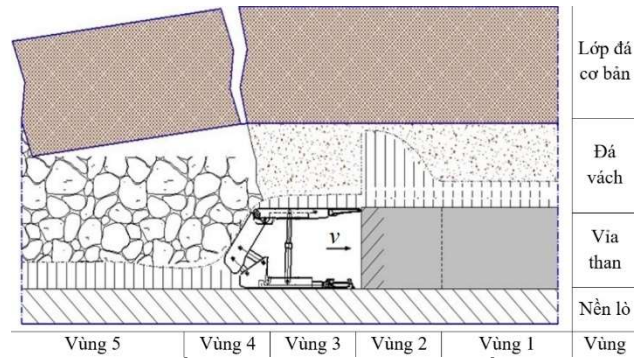
Qua đây thấy rằng, có một lượng chất lỏng áp suất cao nhất định trong thời gian  $T_2$  đã chảy về đường thấp áp, gây lãng phí nguồn năng lượng đáng lẽ có thể thu hồi được. Vì vậy, nghiên cứu tính toán thu hồi áp suất cao của cột chống trong quá trình làm việc là cần thiết.

**2 Nội dung nghiên cứu**

**2.1 Nghiên cứu sự hình thành năng lượng của quá trình khai thác than trong lò chợ**

Để khai thác một tấn than trong điều kiện khai thác hầm lò của bể than vùng Quảng Ninh, trung bình có tới 6÷11 tấn đất đá bị sụp đổ. Như vậy, hằng năm có tới 200÷500 triệu tấn đá bị dịch chuyển (sụp đổ) ở các lò chợ. Quá trình dịch chuyển của đá vách như vậy đã tạo ra một lượng lớn năng lượng được giải phóng.

Để làm rõ quá trình này, tiến hành khảo sát diễn biến áp lực mỏ trên phạm vi khai thác. Quá trình này được thể hiện qua sơ đồ sau (hình 3):



Hình 3. Sơ đồ tương tác của giàn chống và vách

- Vùng 1: Vùng áp lực tĩnh trong khối than (vùng áp lực nguyên sinh);
- Vùng 2: Vùng áp lực tựa trước gương khai thác. Độ dày của tầng càng lớn thì vùng 2 càng rộng;
- Vùng 3: Vùng áp lực tựa của đá vách lên giàn chống. Ở đây, các thông số chính về trạng thái của nó có thể được xác định bằng cách đo trực tiếp áp suất trên cột chống;
- Vùng 4: Vùng không gian đã khai thác, xảy ra hiện tượng sụp đổ trực tiếp phía sau khi dịch chuyển dần chống theo lò chợ;
- Vùng 5: Một phần của không gian khai thác. Vùng này có áp lực được thiết lập lại ở trạng thái cân bằng.

Sự đứt gãy của đất đá vách trong quá trình khai thác trong lò chợ làm cho một lượng thế năng  $W$  nhất định được giải phóng. Giá trị của nó khác nhau ở mỗi vùng dựa trên sự hoạt động của đất đá tại vùng khai thác. Trong trường hợp tổng quát, cân bằng năng lượng cho khu vực đang khai thác của lò chợ có thể được biểu diễn dưới dạng phương trình năng lượng như sau [5]:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \quad (1)$$

Trong đó: -  $W_1$ : Biến thiên thế năng ở vùng 1. Đây là vùng cân bằng, trạng thái ứng suất trên đất đá là không đổi, sự biến thiên năng lượng này nhỏ, có thể bỏ qua khi tính toán;

-  $W_2$ : Năng lượng sinh ra tại vùng 2 gây nên các biến dạng trước gương khai thác;

-  $W_3$ : Thế năng của khối đất đá trên vách tác dụng lên giàn chống;

-  $W_4$ : Năng lượng tiêu hao cho quá trình rời rạc hóa và sụp đổ của vách;

-  $W_5$ : Năng lượng dành cho việc nén các đá bị sụp đổ ở vùng đã khai thác để tiến tới thiết lập trạng thái cân bằng mới. Ở vùng 5 cũng như vùng 1, biến thiên năng lượng này tương đối nhỏ nên có thể bỏ qua.

Do áp lực đất đá ở vùng 1 và vùng 5 được xem là ổn định, do đó không có sự chuyển dịch về năng lượng hoặc nếu có thì tương đối nhỏ, nghĩa là  $W_1 = 0$  và  $W_5 = 0$ . Năng lượng dành cho ép vỡ đá vách được tính như sau:

$$W_4 = W - W_2 - W_3 \quad (2)$$

Nếu thời gian của chu kỳ khai thác  $t \rightarrow \infty$  thì tổng thế năng do khối đất đá trên vách sinh ra trên vùng khai thác được xác định theo công thức sau:

$$W = H \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot \gamma \cdot g \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

Trong đó: -  $H$ : Độ dày của đá vách có thể dịch chuyển (sụp đổ) sau khai thác, m;

-  $L_1$ : Chiều dài của lò chợ, m;

-  $L_2$ : Chiều rộng của lò chợ, m;

-  $\gamma$ : Khối lượng riêng của đất đá trên vách, tấn/m<sup>3</sup>;

-  $g$ : Gia tốc trọng trường, m/s<sup>2</sup>;

-  $\alpha$ : Góc nghiêng vỉa, độ.

Vùng 2 và 3 được quan tâm nhiều nhất trong các vùng đang được xem xét và chúng có quan hệ mật thiết với nhau, vì các thông số của nó có thể được xác định chính xác bằng áp suất của chất lỏng làm việc trong khoang piston của cột chống thủy lực. Do vậy, năng lượng sinh ra do sự hạ thấp của đá vách trên giàn chống có thể xác định theo công thức:

$$W_{gp} = W_2 + W_3 = p_0 \cdot n_c \cdot S_k \cdot \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot \frac{L_1}{L_2} \cdot t \cdot \frac{Q}{G} \cdot \eta_b \quad (4)$$

Trong đó: -  $p_0$ : Áp suất trong khoang piston của cột chống thủy lực, MPa;

-  $n_c$ : Số lượng cột chống trong lò chợ;

-  $S_k$ : Bước di chuyển lò chợ, m/chu kỳ;

-  $D_p$ : Đường kính khoang piston của

cột chống thủy lực, m;

-  $L_1$ : Chiều dài của lò chợ, m;

-  $L_2$ : Chiều rộng của lò chợ, m;

-  $t$ : Thời gian làm việc của giàn chống thủy lực trong một chu kỳ, h;

-  $Q$ : Năng suất của lò chợ, tấn/h;

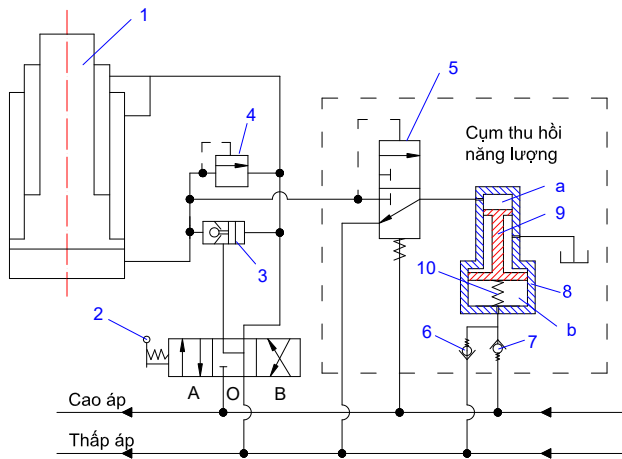
-  $G$ : Khối lượng than được khai thác trong một chu kỳ khấu, tấn;

-  $\eta_b$ : Hiệu suất của sự chuyển đổi năng lượng,  $\eta_b = 0,99$ .

Công thức (4) chứng tỏ có thể thu được năng lượng có giá trị  $W_{gp}$  từ sự chuyển dịch của đất đá vách thông qua giàn chống thủy lực và tận thu nó để sử dụng làm nguồn năng lượng cung cấp cho bơm kiểu piston. Kết quả là dung dịch nhũ tương thấp áp được tăng áp lên tương đương với áp suất bơm chính của hệ thống một cách hiệu quả.

## 2.2 Đề xuất giải pháp thu hồi dung dịch nhũ tương áp suất cao

Hệ thống thủy lực của giàn chống cải tiến (hình 4) được bổ sung thêm van 5 (van 3/2), bơm 8, van một chiều 6 và 7. Việc điều khiển giàn chống được thực hiện tương tự như giàn chống thông thường. Tuy nhiên, giàn chống cải tiến khác biệt ở chỗ, trong quá trình làm việc, khi áp suất trong khoang dưới piston cột chống đạt đến ngưỡng cho phép thì van số 5 làm việc (van an toàn 4 chỉ làm việc khi cụm thu hồi năng lượng gặp sự cố). Từ đó, dòng dung dịch nhũ tương cao áp được đẩy vào khoang  $a$  của bơm. Do sự chênh lệch về lực trên piston 9 làm chúng di chuyển xuống dưới, áp suất trong khoang  $b$  tăng lên đạt đến giá trị đặt của bơm. Lúc này, van một chiều 7 mở ra và chất lỏng cao áp đi từ khoang  $b$  vào đường cao áp của hệ thống. Khi áp suất trong cột giảm xuống dưới ngưỡng an toàn, van 5 được đẩy về vị trí ban đầu, lò xo 10 đẩy xilanh 8 lên phía trên đẩy chất lỏng trong khoang  $a$  ra ngoài, đồng thời chất lỏng được rút vào khoang  $b$  tiếp tục chu kỳ làm việc mới.



Hình 4. Sơ đồ thủy lực bổ sung cụm thu hồi năng lượng

### 3 Thảo luận

1) Thông thường, trong một lò chợ có khoảng 80÷150 giá chống làm việc đồng thời, một giá có từ 2÷4 cột chống và một cột có đường kính trong của thân xilanh là 200÷400 mm. Qua tìm hiểu các loại giá chống, trung bình một chu kỳ chống cột chống hạ thấp xuống 40÷80 mm tùy thuộc vào điều kiện địa chất của nơi áp dụng. Qua đó cho thấy lượng chất lỏng áp suất cao mất đi trong một chu kỳ chống của lò chợ là rất lớn, gây lãng phí năng lượng nếu không được tận dụng.

2) Việc cải tiến thiết bị chống tăng khả năng thích ứng và nâng cao hiệu quả làm việc, nâng cao an toàn, tiết kiệm năng lượng đang được thực

hiện một cách mạnh mẽ. Cho nên đề xuất thu hồi năng lượng của sự dịch chuyển đá vách là giải pháp đột phá, có thể phát triển và sử dụng trong thực tế trong tương lai gần.

3) Việc sử dụng dung dịch nhũ tương áp suất cao xả ra từ cột chống để làm nguồn năng lượng được xem là hiệu quả hơn, giúp thu được nhiều năng lượng hơn so với việc đấu nối trực tiếp vào đường cao áp của hệ thống như theo [4].

### 4 Kết luận

Từ những nghiên cứu phân tích ở trên, có thể đưa ra các kết luận sau:

1) Công việc tính toán áp lực mô lên thiết bị chống là rất phức tạp. Tuy nhiên, nó rất quan trọng trong việc tính toán thiết kế thiết bị chống cũng như tính khả thi của việc có nên áp dụng giải pháp thu hồi năng lượng hay không.

2) Đề xuất sơ đồ thủy lực tận thu năng lượng do sự dịch chuyển của đá vách trong quá trình chống, từ đó nâng cao hiệu quả của quá trình khai thác, từ đó giảm tiêu thụ năng lượng.

3) Sơ đồ thủy lực được đề xuất sử dụng dung dịch nhũ tương áp suất cao xả ra từ cột chống làm nguồn động lực cho bơm được xem là hiệu quả hơn so với việc đấu nối nó trực tiếp vào đường cao áp, từ đó nâng cao tính khả thi của nghiên cứu.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Trần Văn Thanh, Vũ Đình Tiến.** Giáo trình Công nghệ khai thác than hầm lò. Hà Nội: NXB Giao thông vận tải, 2005.
2. **Широков А.П., Лидер В.А., Петров А.И.** Крепление сопряжений лав. М.: Недра, 1987.
3. **Топчиев А.В., Ведерников В.И.** Горные машины - справочник. М.: ГНТИзд литературы по горному делу, 1960.
4. **Lê Tiến Dũng.** Cơ chế sụt lở gương than trong các lò chợ chống giàn cơ khí hóa vùng than Quảng Ninh. Hà Nội: NXB Giao thông Vận tải - Hội nghị toàn quốc Khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2020).
5. **Nguyễn Khắc Lĩnh, Nguyễn Văn Xô, Lê Thị Hồng Thắng.** Nghiên cứu tính toán thu hồi áp suất cao của cột chống trong quá trình làm việc. Kỷ yếu hội nghị Khoa học trái đất, mỏ, môi trường bền vững lần thứ III (EME 2020), tr. 280-285.